

경상대학교 농과대학

교수 박 중 훈

같은 지역에 같은 작물을 오랫동안 계속해서 재배하면 비배관리를 충분히 하더라도 생육이나 수량이 떨어지는 경우가 있는데 이를 일컬어 '연작장해' (連作障害) 또는 '그루타기' (畝地)라고 한다.

시설채소재배에 있어서 문제되고 있는 연작장해의 원인과 방지대책, 그리고 연작으로 인한 병해충의 발생과 방제대책에 대하여 이번 호부터 2회로 나누어 소개한다(편집자註)

연작장해의 발생기구

우리나라에서도 시설원예의 급속적인 보급과 대규모 집단지역화에 따라 비닐하우스의 연작장해 또는 주산단지에서의 채소류에 대한 연작장해가 대부분의 지역에서 발생되고 있는 실정이다.

장기재배시 장해발생도 포함돼

이러한 연작장해에는 같은 경작지에서 똑같은 종류의 작물을

염류농도 줄여 생리장해 막아야

시설채소재배

무엇이 문제인가?

비료과용은 염류집적을 초래

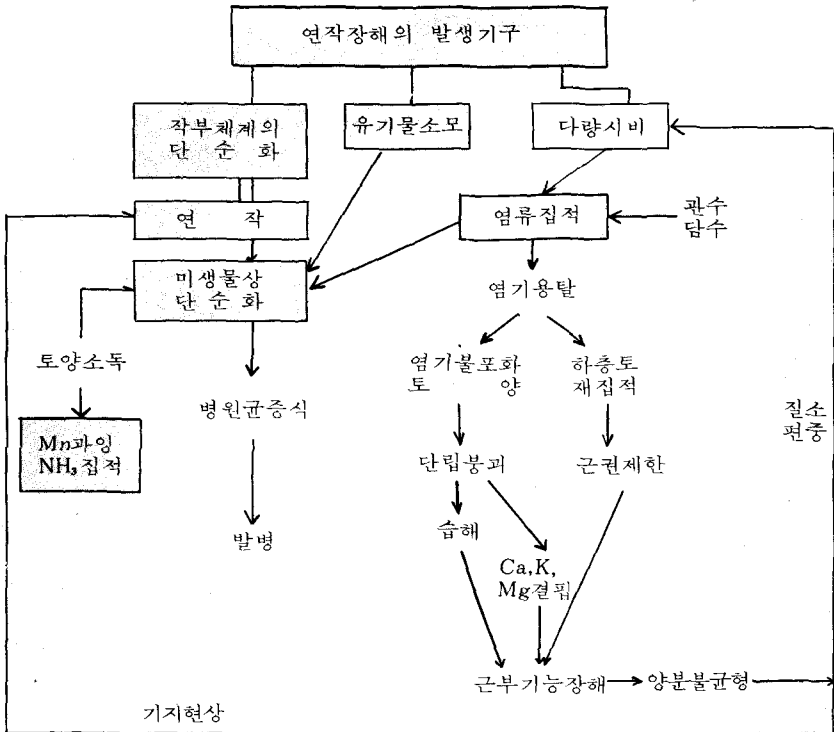
해마다 이어짓는 것도 포함되지
 만, 동일작물이 아니라도 동
 일 경작지의 토양에 오랫동안 작
 물을 재배했을 때 일어나는 장애
 도 포함되는 경우가 많다.

연작장애는 왜 발생하는가?

이와같은 연작장애가 생기
 는 원인에 대해서는 많은 연구를 하
 고 있으나 아직도 밝혀내지 못

한 부분이 많다. 현재까지는(그
 림 1)과 같은 원인에 의하여 연
 작장애가 생긴다고 보고있다.

즉 연작장애의 발생기구는 ①
 작부체계의 단순화, ② 유기물
 소모의 과다, ③ 다량의 비료사
 용 등에 의한다. 이로부터 일어
 나는 원인들이 뿌리에 기생하는
 병원체를 증식시킬뿐 아니라, 토
 양의 필수원소를 결핍시켜 토양



(그림 1) 연작장애의 발생기구

의 이화학적 성질을 악화시키고 나아가서는 뿌리에서 분비된 독소가 축적되어 작물에 해를 끼치기도 한다.

일본의 현황은 어떠한가?

일본에서 연작장해가 일어나고 있는 시설재배지를 대상으로 발생 원인별 발생율을 조사한 몇 가지 예(표 1)를 살펴보면, 연작장해는 여러가지 요인에 의해 일어나고 있으나 특히 토양병해가 차지하는 비율이 매우 높다는 사실을 알 수 있다. 조사에 1에서는 35%이고 그외의 조사에서는

50%이상의 높은 발생율을 나타내었다. 그다음은 선충피해가 6~16%이었으며 요소결핍현상이 차지하는 비율도 상당히 높음을 알 수 있다. 그밖의 요인으로는 토양의 물리성악화, 염류집적, 토양의 산도, 총해 등이 비교적 높은 비중을 차지하고 있다. 이 표에서 특이할 사항은 전조사례에서 원인을 밝히지 못한 경우가 상당히 있고 특히 조사에 1에선 18%의 높은 비율이란 점이다.

일본농가의 대책은 어떠한가?

이러한 여러가지 장해에 대하

〈표 1〉 시설원에 지대에서 발생되고있는 연작장해의 원인(일본)

조사에 1.		조사에 2.		조사에 3.	
발생요인	발생율%	발생요인	발생율%	발생요인	발생율%
병 해	35.0	병 해	59.7	토양전염성병	60.1
선 충	16.0	선 충	6.5	선 충	5.6
요소결핍	12.0	요소결핍	6.9	생리장해	5.1
토양산도	7.0	토양산도	0.9	양분불균형	0.6
토양물리성악화	5.0	토양물리성악화	1.3	토양산도	1.0
염류집적	5.0	염류집적	4.3	그루타기병	1.2
기 타	3.0	총 해	12.7	공기전염성병	8.4
원인불명	18.0	기 타	6.3	총 해	1.0
		원인불명	1.9	요소결핍	5.4
				염류집적	2.3
				토양물리성악화	5.4
				원인불명	2.5

여 일본 현지 재배농가들이 대응하고 있는 방법들을 표로 정리하면 다음과 같다(표 2).

〈표 2〉에서 보면 연작 장애의 대응책들이 여러측면에서 강구되고 있음을 알 수 있다. 그 중 가장 높은 비율을 차지하는 것

이 토양소독으로 20% 이상을 행하였고 다음은 유기물의 투입이 10%였다. 그러나 근본적인 연작회피수단인 윤작재배의 시도는 8% 정도이고 그 외에는 미량요소의 시용, 담수에 의한 제염, 논밭바꾸기, 토양개량제 사

〈표 2〉 시설원에 재배농가가 연작장해에 대응하고 있는 방제대책(일본)

조 사 구 분 방 제 방 법	예 1		예 2	
	보고건수	비율 %	보고건수	비율 %
윤 작			60	8.4
전 휴 작			18	2.5
종 자, 모 소 독			14	2.0
토 양 소 독	71	24.0	150	21.5
석 회 질 소 살 포			14	2.0
약 제 살 포			38	5.3
유 기 물 투 입	32	10.8	68	9.5
병 든 잔 사 물 처 리			9	1.3
깊 이 갈 이	21	7.1	37	5.2
이 량 높 이 기			33	4.6
담 수 제 염	20	6.8	12	1.7
적 정 비 배			62	8.7
미 량 원 소 시 용	47	15.9	17	2.4
작 기 이 동			16	2.2
저 항 성 품 종			28	3.9
저 항 성 대 목	25	8.4	62	8.7
무 병 묘			25	3.5
불 대 기	5	1.7		
논 밭 바 꾸 기	24	8.1		
다 비	32	10.8		
기 타	19	6.4	5	7.3

용, 약제방제 등 이었다.

우리나라, 토양소독 농가적어

우리나라와는 구체적인 비교가 어려우나 일본에 비하여 답리작 재배에 의한 논밭 바꾸기가 가장 많은 것으로 보이며 일본에서 가장 많은, 토양 소독을 실시하는 재배농가는 우리나라에서는 극히 적은 것으로 보인다.

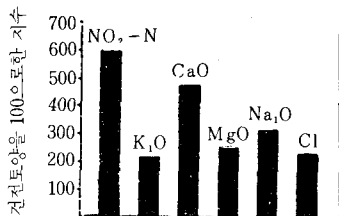
토양 염류집적과 대책

1] 집적염의 종류와 원인

시설 토양 중에 녹아 있는 염류의 종류는 많으나 특히 많은 비중을 차지하고 있는 것은 질산태 질소와 칼슘이다. 실제 시설토양에서 생육장해가 일어나고 있는 경우의 염의 종류를 <그림 2>에서 보면 건전토 함량에 비하여 질산태 질소와 칼슘의 함량이 가장 많고 염소를 비롯하여 마그네슘, 나트륨, 칼륨 등도 많은 경향임을 알 수 있다.

시설의 작토층중에 많이 함유되어 있는 음이온은 질산, 염소, 황산 등이며, 이들 음이온과 전

기전도도에 의한 염함량과는 높은 정(正)의 상관을 가지고 있다. 또한 이들 토양에 집적된 양



〈그림 2〉 생육불량 토양 중의 염의 종류와 건전토양에 대한 비율

이온은 칼슘, 마그네슘, 칼륨 등임을 알 수 있다.

필요이상의 비료사용이 원인

이러한 염류들이 시설토의 작토층에 다량으로 집적되는 원인을 살펴보면, 먼저 다량의 비료사용을 들 수 있다. 시설원예는 자본집약적으로 경영되기 때문에 투입된 자본을 가능한 빨리 회수하기 위해서 필요 이상으로 많은 비료를 사용하게 된다. 이것이 결과적으로 염류집적의 커다란 요인이 될 뿐 아니라 연작이 계속되므로 해서 염류집적의 과다는 더욱 심하게 된다. 즉 <표 3>에서 보는 바와 같이 작물을 재배한 년수에 따라 전기전도도 값이 높아짐을 알 수 있다. 특히 5년 이상된 시설토양에서는 매

〈표 3〉 시설에서의 작물재배 년수와 토양의 전기전도도 값

재배년수 \ 토양별	전기전도도 값의 평균치와 예수(괄호안)			
	중 적 토	화 산 회 토	사 질 토	전 체
1년 이내	0.57(8)	1.45(1)	0.58(1)	0.66(10)
1 - 3년	0.73(10)	1.29(8)	0.38(4)	0.87(22)
3 - 5년	0.97(21)	1.52(10)	0.50(9)	1.01(40)
5년 이상	1.23(7)	2.64(5)	1.46(6)	1.58(21)

우 높은 것을 볼 수 있고 토성
별로는 화산회토가 가장 높다.

강우차단도 염류집적현상 초래

두번째 원인은, 시설원예는
프라스틱 필름등속에 의하여 강
우가 차단되기 때문에 사용된 염
류가 씻겨 내려가지 않고 남아
있게 되어 계속적인 연작으로
인하여 점점 더 축적되기 때문
이다.

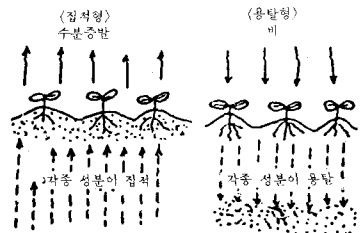
증산·증발로 작토층에 집적돼

그외에도 시설원예는 차단된
환경하이기 때문에 광선이 약하
여 광합성량이 적고 이에 따라
토양으로 부터의 염류 흡수 이
용율도 떨어지게 된다. 또한 노
지에 비하여 온도가 높기 때문
에 작물체로 부터의 증산과 토
양 표면으로부터의 증발이 많아
토양의 수분이 항상 표층으로 상

향이동되고 있어 이 방향으로 용
존되어 있는 염류가 동시에 이동
되므로 작토층인 토양표층에 집
적하게 된다(그림 3 참조)

② 염류농도와 생육장해

염류농도 장해를 일으키는 한
계농도는 작물과 토양의 종류에
따라 다르다. 토양의 종류별 오
이, 토마토, 피망고추의 한계농



〈그림 3〉 하우스 토양과 노지 토양
의 수·양분의 이동방향

도를 <표 4>에서 보면 작물별로 는 피만고추의 생육장해 한계농도가 가장 높다. 즉, 동일 염류농도에서 견디는 힘이 피만고추가 가장 강하고 오이가 가장 낮으며, 생육장해 및 고사점한계가

진흙에서 높고 모래땅에서 가장 낮음을 알 수 있다.

작물 종류따라 염류저항성 달라

작물의 종류에 따라 염류에 대한 저항성 정도는 <표 5>와 같

<표 4> 토양별·작물별 염류농도에 의한 생육장해발생의 전기전도도값

(표 1 : 물 5 침출)

흙의 종류	생육 장해가 일어날 수 있는 염류 농도			고사 한계점의 염류 농도			
	오 이	토마토	피 만 고 추	오 이	토마토	피 만 고 추	
사 토	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.0	
층적 점질 양토	0.6	0.7	0.7	1.5	1.6	1.7	
부식질 점질양토	0.7	0.7	1.0	1.6	1.7	2.4	

<표 5> 염류농도에 대한 채소별 저항성 정도

강한 채소류	중정도 채소류	약한 채소류
채 채 양배추 무 우 시금치 배 추 순무우 셀러리	가 지 파 당 근 토 마 토 피만고추 오 이	잠 두 양 파 강 남 콩 상 치 딸 기 삼 엽 채
전기전도도 1.0-1.5(미리모) 질산태질소 30-45(mg/100g)	0.5-1.0 10-20	0.3-0.5 10

이 서로 다르다. 저항성이 강한 작물의 전기전도도는 1.0~1.5 미리모, 전토 100g중의 질산태질소 30~45 mg의 농도에 견디고, 중정도의 작물은 전기전도도 0.5~1.0 미리모, 질산태질소 함량 10~20mg에서 견딘다. 저항성이 약한 작물은 전기전도도 0.3~0.5 미리모, 질산태질소 1.0mg 정도에서 이미 장해가 나타나기 시작한다.

십자화과 채소 내염성 강해

이 표에서와 같이 체채, 양배추, 무우 등과 같은 십자화과 채소는 일반적으로 내염성이 강하고, 삼엽채, 딸기, 상치, 콩과 채소 등과 대부분의 열매채소류는 약한 편에 속한다. 특히 딸기는 내염성이 대단히 약하여 토양의 염류농도가 1.0미리모(1 : 5 침출) 이상으로 높아지면 염류고농도 피해를 받는포기가 30~50%정도 발생하는 반면 시금치의 경우는 6.5미리모 (포화용액침출)내외(생육 위험한계)로 높다. 작물의 종류에 따라 내염성에 큰 차이가 있기 때문에 강한것과 약한것 사이의 위험한계농도 차가 대단히 크다.

생육속도 늦고 생육량 적어져

염류농도 장해가 일어나게 되면 일반적으로 작물체의 생육속도가 느려지고 생육량이 적어지게 된다. 염류농도가 높아져서 일어나는 생육장해 증상은 아래 잎이 먼저 말라죽기 시작하며 잎색은 농록(청)색을 띠게 된다. 또한 잎가장자리가 말리게 되고(당근, 고추, 오이, 배추등) 마그네슘이나 칼슘의 결핍증상이 나타나는 경우도 있다.

③ 염류장해의 대책

시설재배지는 위와 같은 원인에 의하여 토양의 성질이 약화되므로 작물의 수량과 품질이 크게 떨어지게 된다. 따라서 고정 시설에서 계속적인 연작이 이루어질 경우에는 염류고농도 집적은 물론 이로부터 올 수 있는 토양환경의 불량조건을 미리 막아 연작장해 요인을 사전에 피해야 할 것이다.

적정비료선택과 시비법 개선

이를 위한 대책으로는 먼저 비료의 합리적인 선택과 시비방법의 개선을 들 수 있다. 비료에는 부성분이 많이 함유되어 있다. 부성분이 염류농도를 높이는 요인이 될 경우의 비료 사용은 가

급적 피할것이다. 비료를 동일 성분량으로 주었을 때에도 토양용액농도가 상승하는 정도는 서로 다르다. 비료의 종류에 따라 질소 > 칼륨 > 인산의 순으로 높고, 같은 질소질비료중에서도 염화물과 질산염이 황산염보다 농도 상승 효과가 크다

요소...염류농도 장애 크게 완화

따라서 요소(尿素)는 같은 질소 성분량에서 염화암모늄의 1/4에 지나지 않으므로 요소를 선택함으로써 다른 비료를 쓸 경우보다 염류농도 장애를 크게 완화시킬 수 있다. 또한 용해되는 속도가 느린 완효성비료를 선택하는 것도 바람직하다.

잔존질소 파악, 과용 안되도록

그리고 시설내는 비료의 용탈이 거의 없으므로 전작에 의한 염류의 잔존량을 감안하여 시비량을 결정하여야 할 것이다. 특히 작물생육에 가장 큰 영향을 미치는 질소성분은 거의 질산태 질소이며 이것이 토양의 염류농도를 높이는 주요인이 되므로 잔존질소량을 파악하여 필요 이상의 시용을 삼가하여야 하겠다.

그외 제염대책으로서는 여름에 피복물을 제거하여 비를 충분

히 맞힘으로서 토양의 염류농도를 낮출 수 있다. 여름 고온기에 작물재배가 곤란할 때에는 수수나 옥수수 같은 사료작물을 단기간 재배하여 제염시킨다.

또한 인위적으로 다량의 관수를 행함으로써 효과적인 제염이 가능하다. 예를들면 200mm의 관수를 행할 경우에는 대부분의 염류가 제거된다. 특히 화산회토에 있어서는 100mm 정도에서 상당히 효과적이었고, 모래땅에서는 50mm 이하의 소량 관수에서도 효과적인 제염이 가능하였다

담수처리를 해도 일반 적으로 칼슘, 마그네슘, 질산, 염소 및 황산 등이 크게 감소한다.

유기물 시용은 염류장애를 완화

토양환경을 개량시키는 측면에서 보면 작토층인 5~10cm깊이의 표토를 새로운 흙으로 바꾸어주는 방법이 있다. 또한 작토를 깊이 갈아 토양을 부드럽게 하고 통기성을 향상시킴과 동시에 염류농도 장애의 일시적인 회피를 꾀할 수도 있을 것이다. 퇴비를 비롯한 유기물을 충분히 넣어 토양의 이화학적 성질을 개선하고 토양의 완충능을 강화하여 염류농도 장애를 완화시키는 것도 한가지 방법이 될 수 있다.